

MANUFACTURE OF NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT

Publication number: JP11177137

Publication date: 1999-07-02

Inventor: SHONO HIROBUMI; TOYODA TATSUNORI

Applicant: NICHIA KAGAKU KOGYO KK

Classification:

- International: H01L33/00; H01L21/301; H01L33/00; H01L21/02;
(IPC1-7): H01L33/00; H01L21/301

- European:

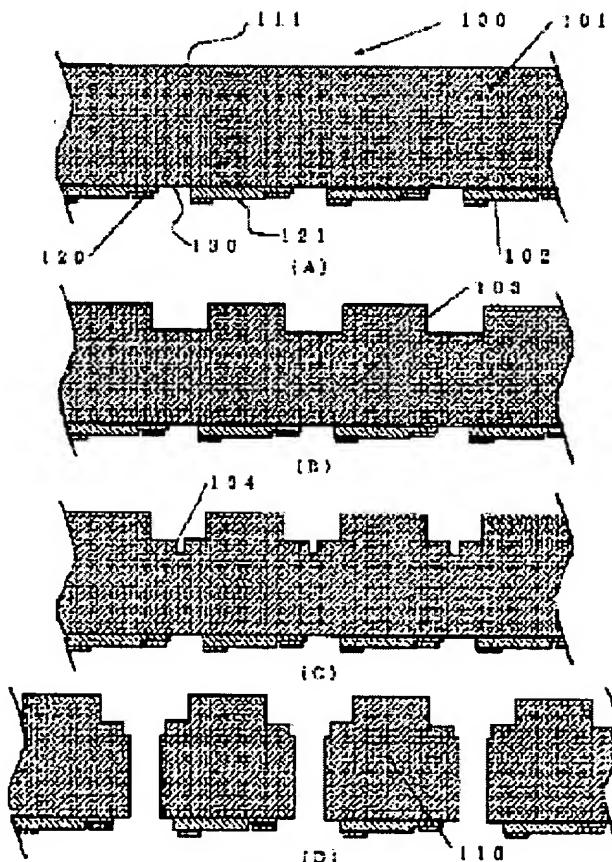
Application number: JP19970345937 19971216

Priority number(s): JP19970345937 19971216

[Report a data error here](#)

Abstract of JP11177137

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a manufacturing method by which a nitride semiconductor element having highly smooth split faces can be manufactured at a high yield. **SOLUTION:** In a method for manufacturing nitride semiconductor element nitride semiconductor elements are manufactured by splitting a semiconductor wafer 100 which is composed of a substrate 101 and nitride semiconductors 102 formed on the substrate 102 and has first and second main surfaces into pieces. The process particularly includes a step of forming groove section 103 into the substrate 101 from the first and/or second main surface side, a step of forming break lines 104 in the groove sections 103 with a laser beam, and a process of splitting the semiconductor wafer 100 into pieces along the break lines 104.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(51)Int.Cl.⁶H 01 L 33/00
21/301

識別記号

F I

H 01 L 33/00
21/78C
B

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全9頁)

(21)出願番号 特願平9-345937

(22)出願日 平成9年(1997)12月16日

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社
徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 庄野 博文

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化
学工業株式会社内

(72)発明者 豊田 達憲

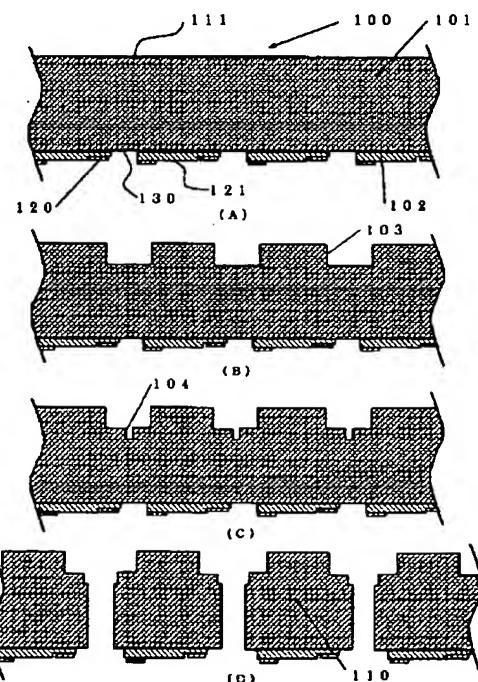
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化
学工業株式会社内

(54)【発明の名称】窒化物半導体素子の製造方法

(57)【要約】

【課題】分割端面の平滑性に優れ歩留まりの優れた窒化物半導体素子の製造方法を提供する。

【解決手段】本発明は、基板(101)上に窒化物半導体(102)が形成された半導体ウエハー(100)を分割する窒化物半導体素子の製造方法である。特に、半導体ウエハー(100)は第1及び第2の主面を有し少なくとも第1の主面側及び/又は第2の主面側の基板(101)に溝部(103)を形成する工程と、溝部(103)にブレイク・ライン(104)をレーザー照射により形成する工程と、ブレイク・ライン(104)に沿って半導体ウエハーを分離する工程とを有する窒化物半導体素子の製造方法である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板(101)上に窒化物半導体(102)が形成された半導体ウエハー(100)を窒化物半導体素子(110)に分割する窒化物半導体素子の製造方法であって、前記半導体ウエハー(100)は第1及び第2の主面を有し少なくとも該第1の主面側及び／又は第2の主面側の基板(101)に溝部(103)を形成する工程と、該溝部(103)にブレイク・ライン(104)をレーザー照射により形成する工程と、前記ブレイク・ライン(104)に沿って半導体ウエハーを分離する工程とを有することを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項2】前記第1の主面(121)は基板(101)上の方にのみ窒化物半導体が形成された半導体ウエハー(100)の窒化物半導体積層であり、前記第2の主面(111)は半導体ウエハーを介して対向する基板露出面側である請求項1記載に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項3】前記ブレイク・ラインは基板(101)の溝部底面に形成された凹部(104)である請求項1に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項4】前記ブレイク・ラインは基板(201)内部に形成された加工変質部(204)である請求項1に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項5】ダイヤモンドスクライバー、ダイサー、エッチング装置、レーザー加工機から選択される少なくとも1種によって前記溝部(103)を形成する請求項1に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項6】前記溝部(403)は第1の主面側(421)の予め基板(401)が露出された表面に形成される請求項2に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項7】前記溝部(103)の幅が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $35\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、前記溝部(103)の深さが $3\text{. }7\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下である請求項1に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は紫外域から橙色まで発光可能な発光ダイオードやレーザーダイオード、さらには高温においても駆動可能な3-5族半導体素子の製造方法に係わり、特に、基板上に窒化物半導体積層された半導体ウエハーから窒化物半導体素子を分割する製造方法に関する。

【0002】

【従来技術】今日、高エネルギー・バンドギャップを有する窒化物半導体($\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $0 \leq X, Y \leq 1$)を利用した半導体素子が種々開発されつつある。窒化物半導体を利用したデバイス例として、青色、緑色や紫外がそれぞれ発光可能な発光ダイオードや青紫光が発光可能な半導体レーザが報告されている。さらには高温においても安定駆動可能かつ機械的強

度が高い各種半導体素子などが挙げられる。

【0003】通常、赤色、橙色、黄色などが発光可能なLEDチップなどの半導体素子として利用されるGaN、GaPやInGaAlAsなどの半導体材料が積層された半導体ウエハーの場合は、半導体ウエハーからダイサーやダイヤモンドスクライバーによりチップ状に切り出され形成される。ダイサーとは刃先をダイヤモンドとする円盤の回転運動により半導体ウエハーをフルカットするか、又は刃先巾よりも広い巾の溝を切り込んだ後(ハーフカット)、外力によりカットする装置である。一方、ダイヤモンドスクライバーとは同じく先端をダイヤモンドとする針により半導体ウエハーに極めて細い線(スクライプ・ライン)を例えば碁盤目状に引いた後、外力によってカットする装置である。GaPやGaN等のせん亞鉛構造の結晶は、へき開性が「110」方向にある。そのため、この性質を利用してGaN、GaAlAs、GaPなどの半導体ウエハーを比較的簡単に所望形状に分離することができる。

【0004】しかしながら、窒化物半導体を利用した半導体素子は、GaP、GaAlAsやGaN半導体基板上に形成させたGaN、GaPやInGaAlAsなどの半導体素子とは異なり単結晶を形成させることが難しい。結晶性の良い窒化物半導体の単結晶膜を得るために、MOCVD法やHDVPE法などを用いサファイアやスピネル基板などにバッファーを介して形成させている。そのため、サファイア基板などの上に形成された窒化物半導体層ごと所望の大きさに切断分離することによりLEDチップなど半導体素子を形成させなければならない。

【0005】サファイアやスピネルなどに積層される窒化物半導体はヘテロエピ構造である。窒化物半導体はサファイア基板などとは格子定数不整が大きく熱膨張率も異なる。また、サファイア基板は六方晶系という結晶構造を有しており、その性質上へき開性を有していない。さらに、サファイア、窒化物半導体ともモース硬度がほぼ9と非常に硬い物質である。

【0006】したがって、ダイヤモンドスクライバーのみで切断することは困難であった。また、ダイサーでフルカットすると、その切断面にクラック、チッピングが発生しやすく綺麗に切断できなかった。また、場合によっては基板から窒化物半導体層が部分的に剥離する場合があった。

【0007】そのため窒化物半導体ウエハーは所望のチップごとに分割する方法として特開平8-274371号などに記載されているようにダイヤモンドスクライバーやダイサーを組み合わせて使用する方法が考えられている。具体的な例として、図5(A)から図5(D)に窒化物半導体素子を製造する工程を示す。図5(A)は、サファイア基板501上に窒化物半導体502が形成された半導体ウエハー500を示す。図5(B)はサ

ファイア基板 501 の下面側から窒化物半導体 502 に達しない深さでダイサー（不示図）による溝部 503 を形成する工程を示す。図 5 (C) は、溝部にダイヤモンドスクライバーでスクライプ・ライン 504 を形成する工程を示す。図 5 (D) は、スクライプ工程の後、半導体ウエハー 500 をチップ状 510 に分離する分離工程を示してある。これにより、切断面のクラック、チッピングが発生することなく比較的綺麗に切断することができるとしている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、あらかじめダイサーなどで半導体ウエハー 500 の厚みを部分的に薄くさせた溝部 503 を形成し、溝部 503 にダイヤモンドスクライバーでスクライプ・ライン 504 を形成させる場合、ダイヤモンドスクライバーの刃先が溝部 503 の底に接触しなければならない。

【0009】即ち、通常ダイサーの円盤幅よりもダイヤモンドスクライバーの刃先の方が大きい。そのため図 6 の如く、ダイヤモンドスクライバーの刃先 601 が半導体ウエハー 500 に形成された溝部 503 の底面に届かない場合がある。この状態でスクライバーを駆動させると半導体ウエハーの平面では図 7 の如き、所望のスクライプ・ライン 703 が形成されず歪んだスクライプ・ライン 704 が形成される傾向にある。これらを防止する目的でダイヤモンドスクライバーの刃先が溝部 503 の底に接触するためにはダイサーで形成した溝部 503 の幅を広くする必要がある。溝部 503 が広くなると半導体ウエハーからの半導体素子の採り数が減少する。

【0010】他方、溝の幅を狭くした場合は刃先が溝の底に接触するために溝部 503 の深さを浅くする必要がある。溝部 503 を浅くすると半導体ウエハーの分離部の厚みが厚くなり半導体ウエハーを正確に分離することが困難になる傾向がある。したがって、何れも正確により小さい窒化物半導体素子を形成することができないという問題があった。

【0011】より小さい窒化物半導体素子を正確に量産性よく形成させることが望まれる今日においては上記切断方法においては十分ではなく、優れた窒化物半導体素子の製造方法が求められている。窒化物半導体の結晶性を損傷することなく半導体ウエハーを正確にチップ状に分離することができれば、半導体素子の電気特性等向上させることができる。しかも、1 枚の半導体ウエハーから多くの半導体素子を得ることができるために生産性をも向上させられる。

【0012】したがって、本発明は窒化物半導体ウエハーをより小さいチップ状に分割するに際し、切断面のクラック、チッピングの発生をより少なくする。また、窒化物半導体の結晶性を損なうことなく、かつ歩留りよく所望の形、サイズに分離された窒化物半導体素子を量産性良く形成することができる製造方法を提供することを

目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板 101 上に窒化物半導体 102 が形成された半導体ウエハー 100 を窒化物半導体素子 110 に分割する窒化物半導体素子の製造方法である。特に、半導体ウエハー 100 は第 1 及び第 2 の主面を有し少なくとも第 1 の主面側及び／又は第 2 の主面側の基板 101 に溝部 103 を形成する工程と、溝部 103 にブレイク・ライン 104 をレーザー照射により形成する工程と、ブレイク・ライン 104 に沿って半導体ウエハーを分離する工程とを有する窒化物半導体素子の製造方法である。

【0014】本発明の請求項 2 に記載された窒化物半導体素子の製造方法は、第 1 の主面 121 が基板 101 上の一方にのみ窒化物半導体が形成された半導体ウエハー 100 の窒化物半導体積層側であり、第 2 の主面 111 は半導体ウエハーを介して対向する基板露出面側である。

【0015】本発明の請求項 3 に記載された窒化物半導体素子の製造方法は、ブレイク・ラインが基板 101 の溝部底面に形成された凹部 104 である。

【0016】本発明の請求項 4 に記載された窒化物半導体素子の製造方法は、ブレイク・ラインが基板 201 内部に形成された加工変質部 204 である。

【0017】本発明の請求項 5 に記載された窒化物半導体素子の製造方法は、ダイヤモンドスクライバー、ダイサー、エッチング装置、レーザー加工機から選択される少なくとも 1 種によって溝部 103 を形成するものである。

【0018】本発明の請求項 6 に記載された窒化物半導体素子の製造方法は、溝部 403 は第 1 の主面側 421 の予め基板 401 が露出された表面に形成されたものである。本発明の請求項 7 に記載された窒化物半導体素子の製造方法は、溝部 103 の幅が $10 \mu\text{m}$ 以上 $35 \mu\text{m}$ 以下であり、溝部 103 の深さが $3.7 \mu\text{m}$ 以上 $100 \mu\text{m}$ 以下である。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明者らは種々実験の結果、窒化物半導体素子を製造する場合において半導体ウエハーの特定箇所にレーザーを照射することにより、半導体特性を損傷することなく量産性に優れた窒化物半導体素子を製造することができることを見だし本発明を成すに至った。

【0020】本発明の方法による分離端面がブレイクラインに沿って平坦に形成される理由は定かではないが溝部形成に伴って溝部近傍に内部応力が生ずること及びその内部応力とブレイクラインが切断端面形状に大きく関係していると考えられる。

【0021】即ち、ダイサーやダイヤモンドスクライバーなどにより機械的に削りとられた溝部は、その溝部形

成時に内部応力が生ずる。特に、溝部の底面に沿ってダイヤモンドスクライバーによるスクライプ・ラインを形成する工程においてはスクライバーの刃先にかかる加重で溝部底以外にも広く歪みが増幅される。そのため、溝部形成後にダイヤモンドスクライバーで分離させると半導体ウエハー内に保持された応力によって所望通りの端面が形成されず、より正確に窒化物半導体ウエハーが分離できないと考えられる。

【0022】本発明はダイサーにより生じた内部応力に依存することなくレーザースクライバーにより分割に寄与する局所的な応力を発生させる。これにより端面が綺麗（平滑）であり量産性の良い窒化物半導体素子を製造することができると考えられる。また、窒化物半導体素子を分離するためには半導体ウエハーの厚みが部分的に薄い溝部を形成させる。その溝部よりも狭いブレイク・ラインをレーザー照射により形成することで、極めて細いブレイク・ラインを所望の深さまで深く形成することができ量産性の良い窒化物半導体素子を分離できるものである。以下、本発明の製造方法例について説明する。

【0023】半導体ウエハーとして、LD (laser diode) となる構成の窒化物半導体層をスピネル基板上に形成させた。具体的には、スピネル基板上に、GaNのバッファー層、n型GaNのコンタクト層、n型AlGaNのクラッド層、n型GaNの光ガイド層、SiをドープしInの組成を変化させた多重量子井戸構造となるInGaNの活性層、p型AlGaNのキャップ層、p型GaNの光ガイド層、p型AlGaNのクラッド層及びp型GaNのコンタクト層が積層されている。この半導体ウエハーのスピネル基板側をウエットエッチングにより半導体ウエハー表面に溝部を縦横に形成させる。CO₂レーザーを溝部の底面に照射してスピネル基板内部に加工変質部としてブレイク・ラインを溝部に沿って縦横に形成させた。ブレイク・ラインに沿ってローラーによる加圧により窒化物半導体素子として分離させる。分離された窒化物半導体素子は何れも端面が綺麗に形成されている。以下、本発明の工程に用いられる装置などについて詳述する。

【0024】（窒化物半導体ウエハー）窒化物半導体ウエハーとしては、基板上に窒化物半導体層が形成されたものである。窒化物半導体の基板としては、サファイア、スピネル、炭化珪素、酸化亜鉛や窒化ガリウム単結晶など種々のものが挙げられるが量産性よく結晶性の良い窒化物半導体層を形成させるためにはサファイア基板、スピネル基板などが好適に用いられる。サファイア基板などは劈開性がなく極めて硬いため本発明が特に有效地働くこととなる。

【0025】窒化物半導体 ($In_xGa_yAl_{1-x-y}N$, $0 \leq X, Y \leq 1$, $X+Y \leq 1$) はMOCVD法やHYPE法などにより種々形成することができる。窒化物半導

体にPN接合、PIN接合、MIS接合を形成させることにより半導体素子として利用することができる。半導体の構造もホモ接合、ヘテロ接合やダブルヘテロ接合など種々選択することができる。また、半導体層を量子効果が生じる程度の薄膜とした單一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。

【0026】窒化物半導体はバンドギャップが比較的大きく熱に強いことから紫外から赤色系まで発光可能な発光ダイオード、DVDなどに利用可能な短波長レーザーなどの発光素子、光センサーなど比較的の高起電力を有する太陽電池などの受光素子、耐熱性を持つトランジスターなど種々の半導体素子として利用することができる。

【0027】基板の厚さとしてはレーザー加工機の加工精度や出力により種々選択することができるがレーザーにより大きい溝（深い溝）を形成させる場合はダイサーに比べて時間が掛かるここと及び長時間の加熱による部分的な破壊などの観点からレーザー加工による溝部などを大きく形成させすぎないことが好ましい。

【0028】また、ダイサーなどにより半導体ウエハーに形成される溝部としては、歩留りよく所望の形、サイズに量産性良く形成する観点から溝部の幅が3.5 μm以下が好ましく3.0 μm以下がより好ましい。更に好ましくは2.5 μm以下である。下限については特に制限はないがダイサーで形成する場合、あまり薄くしがれると刃先がぶれるため溝部を細くかつ深く形成しがたい傾向にある。したがって、1.0 μm以上が好ましく、1.5 μm以上がより好ましい。さらに、好ましくは2.0 μm以上である。また、溝部の深さは半導体ウエハーの厚みにもよるが量産性や分離のし易さから3.7 μm以上が好ましく、より好ましくは4.5 μm以上である。更に好ましくは5.2 μm以上である。上限値は特に制限はないが量産性を考慮して10.0 μm以下であることが望ましい。同様に、溝部が幅3.5 μm以下深さ5.2 μm以上、より好ましくは幅3.0 μm以下深さ4.5 μm、更に好ましくは幅2.5 μm以下深さ3.7 μm以上の範囲においてはダイヤモンドスクライバーでは溝部に図6の如く半導体ウエハーの分割に寄与するスクライプ・ラインを形成することができないため本発明の効果が特に大きい。

【0029】なお、窒化物半導体ウエハーに単に溝を形成する方法としては、ウエットエッチング、ドライエッチング、ダイサー、ダイヤモンドスクライバーやレーザーの加工さらにはこれらの組合せにより形成することができる。しかしながら、ある程度の幅を持ち効率よく半導体ウエハーの厚みを部分的に薄くさせるためにはダイサーを用いることが好ましい。特に、ダイサーを用いて溝部を形成させた場合は、チップ状に分割した時の端面の綺麗さ（平滑性）の差が顕著に出る傾向にある。即ち、ダイサーを用いて溝部を形成させた後にレーザーを用いて半導体ウエハーを分離したものと、ダイサーを用

いて溝部を形成させた後にダイヤモンドスクライバーにより分離させたものとそれを比較するとレーザーにより凹部を形成させたものの方が分離端面が綺麗に形成される傾向にある。このような平滑性は、透光性絶縁層であるサファイア基板を利用した光学設計をする場合には顕著な違いとなる場合がある。

【0030】窒化物半導体が積層されたサファイア基板を分離させる場合、切断端面を量産性良く切断させるために窒化物半導体ウエハーの最も薄い分離部の厚みは $100\mu m$ 以下が好ましい。 $100\mu m$ 以下だとチッピングなどが多く比較的容易に分離することができる。また、基板の厚さの下限は特に問わないが、あまり薄くすると半導体ウエハー自体が割れやすく量産性が悪くなるため $30\mu m$ 以上であることが好ましい。

【0031】窒化物半導体層が単一量子井戸構造や多重量子井戸構造などの薄膜を含む場合、レーザー照射による半導体接合や半導体層の損傷を防ぐ目的で予めレーザーが照射される窒化物半導体層をエッチングなどにより予め除去することもできる。

【0032】発光ダイオード用の窒化物半導体ウエハーとする場合、基板で通常 200 から $500\mu m$ の厚みがあり、p-n接合を持つ窒化物半導体層で数 μm から数十 μm の厚みがある。したがって、半導体ウエハーのほとんどが基板の厚みで占められることとなる。レーザーによる加工を行いやすくするために基板の厚みを研磨により薄くすることができる。このような研磨は、窒化物半導体を形成させてから薄くしても良いし薄く研磨した基板上に窒化物半導体を形成させることもできる。

【0033】なお、レーザーが照射された窒化物半導体ウエハーは、その焦点となる照射部が選択的に飛翔する或いは微視的なマイクロ・クロックの集合である加工変質部になると考えられる。また、本発明のブレイク・ラインは半導体ウエハーの溝部表面を除去しても良いし基板の溝部よりも内部側に加工変質部を形成させても良い。さらに、本発明は溝部近傍に形成されたレーザー加工によるブレイク・ラインに加えて半導体ウエハーの総膜厚の中心をレーザー加工させても良い。

【0034】(レーザー加工機) 本発明に用いられるレーザー加工機としては、ブレイク・ラインとなる凹部、加工変質部などが形成可能なものであればよい。具体的には、YAGレーザー、CO₂レーザーやエキシマ・レーザーなどが好適に用いられる。特に、YAGレーザーは熱の変質が少なくブレイク・ラインを形成することができる。また、CO₂レーザーはパワーを挙げることができるために切断能力に優れる。

【0035】レーザー加工機によって照射されるレーザーはレンズなどの光学系により所望により種々に焦点を調節させることができる。したがって、レーザー照射により半導体ウエハーの任意の焦点に窒化物半導体を損傷させることなく凹部、加工変質部などを形成させること

ができる。また、レーザーの照射面は、フィルターを通してことなどにより真円状、梢円状や矩形状など所望の形状に調節させることもできる。

【0036】レーザー加工機によるブレイク・ラインの形成にはレーザー照射装置自体を移動させても良いし照射されるレーザーのみミラーなどで走査して形成させることもできる。さらには、半導体ウエハーを保持するステージを上下、左右、90度回転など種々駆動させることにより所望のブレイク・ラインを形成することもできる。以下、本発明の実施例について詳述するが実施例のみに限定されるものでないことは言うまでもない。

【0037】

【実施例】(実施例1) 厚さ $200\mu m$ であり洗浄されたサファイアを基板101としてMOCVD法を利用して窒化物半導体を積層させ窒化物半導体ウエハーを形成させた。窒化物半導体は基板を分割した後に発光素子110として働くよう多層膜として成膜させた。まず、510°Cにおいて原料ガスとしてNH₃(アンモニア)ガス、TMG(トリメチルガリウム)ガス及びキャリアガスである水素ガスを流すことにより厚さ約200オングストロームのバッファー層を形成させた。

【0038】次に、TMGガスの流入を止めた後、反応装置の温度を1050°Cに上げ再びNH₃(アンモニア)ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてSiH₄(シラン)ガス、キャリアガスとして水素ガスを流すことによりn型コンタクト層として働く厚さ約4μmのGaN層を形成させた。

【0039】活性層は、一旦、キャリアガスのみとせ反応装置の温度を800°Cに保持し後、原料ガスとしてNH₃(アンモニア)ガス、TMGガス、TMI(トリメチルインジウム)及びキャリアガスとして水素ガスを流すことにより厚さ約3nmのアンドープInGaN層を堆積させた。

【0040】活性層上にクラッド層を形成させるため原料ガスの流入を停止し反応装置の温度を1050°Cに保持した後、原料ガスとしてNH₃(アンモニア)ガス、TMA(トリメチルアルミニウム)ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてCp₂Mg(シクロペンタジエルマグシウム)ガス及びキャリアガスとして、水素ガスを流しp型クラッド層として厚さ約0.1μmのGaN層を形成させた。

【0041】最後に、反応装置の温度を1050°Cに維持し原料ガスとしてNH₃(アンモニア)ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてCp₂Mgガス及びキャリアガスとして水素ガスを流しp型コンタクト層として厚さ約0.5μmのGaN層を形成させた(なお、p型窒化物半導体層は400°C以上でアニール処理してある。)。

【0042】半導体ウエハーに、RIE(Reactive Ion Etching)によって窒化物半導体表面側から溝部が形成

されるサファイア基板との境界面が露出するまでエッチングさせ複数の島状窒化物半導体層が形成された半導体ウエハーを用いる。なお、エッチング時にp n各半導体が露出するようマスクを形成させエッチング後除去させてある。また、p n各半導体層には、電極1 2 0 がスパッタリング法により形成されている（図1（A））。

【0045】こうして形成された窒化物半導体ウエハー1 0 0 のサファイア基板1 0 1 を1 0 0 μm まで研磨した後、半導体ウエハー1 0 0 のサファイア基板面1 1 1 が上になるように水平方向に自由駆動可能なテーブル上に真空チャックを用いて固定させた。ブレード回転数3 0, 0 0 0 r p m、切断速度3 mm/s e cでステージを移動させることによりサファイア基板1 0 1 の底面に幅約3 0 μm 、深さ約1 5 μm の溝を縦横に形成し溝部1 0 3 とさせる。溝部1 0 3 は、窒化物半導体ウエハー1 0 0 のサファイア基板露出面側1 1 1 から見るとエッチング面1 3 0 と略平行に形成されておりそれぞれがその後に窒化物半導体素子となる3 0 0 μm 角の大きさに形成させてある（図1（B））。

【0046】次に、ダイサーの刃先など駆動部のみレーザー（3 5 6 nm）が照射可能なYAGレーザー照射装置と入れ替えた（不示図）。窒化物半導体ウエハー1 0 0 の固定は維持したままレーザーの焦点を窒化物半導体ウエハーの溝部1 0 3 底面に結ばれるようレーザーの光学系を調節させる。調節したレーザー光線を1 6 J/c m²で照射せながらステージを移動させることにより溝部1 0 3 の底面に沿って深さ約3 μm の更なる溝としての凹部1 0 4 をブレイク・ラインとして形成する（図1（C））。

【0047】ブレイク・ラインに沿って、ローラー（不示図）により荷重をかけ、窒化物半導体ウエハー1 0 0 を切断分離することができる。分離された窒化物半導体素子1 1 0 の端面はいずれもチッピングやクラックのない窒化物半導体素子を形成することができる（図1（D））。

【0048】こうして形成された窒化物半導体素子であるLEDチップに電力を供給したところいずれも発光可能であると共に切断端面にはクラックやチッピングが生じているものはほとんどなかった。また、発生していたチッピングも極めて小さいものであり、歩留りは9 8 %以上であった。

【0049】これにより、ブレイク・ラインの形成をレーザーで行うため、ダイヤモンドスクライバーを利用したものと異なりカッターの消耗、劣化による加工精度のバラツキ、刃先交換のために発生するコストを低減することができる。製造歩留りを高め、形状のバラツキが低減できる。特に、切り代を小さくし、半導体素子の採り数を向上させることが可能となる。

【0050】（実施例2）実施例1のレーザー照射装置における焦点深さをレーザーの光学系を調整させて深く

させた以外は実施例1と同様にしてブレイク・ラインを形成させた。形成されたブレイク・ラインは基板2 0 1 の表面となる溝部2 0 3 に凹部は形成されていないが基板2 0 1 内部に加工変質部として形成されている（図2（C））。

【0051】ブレイク・ラインの形成を溝部2 0 3 底面でなく基板2 0 1 内面に形成させても実施例1のLEDチップとほぼ同様の歩留りを形成することができる。

【0052】（実施例3）厚さ1 5 0 μm であり洗浄されたサファイアを基板3 0 1 としてMOCVD法を利用して窒化物半導体を積層させ窒化物半導体ウエハー3 0 0 を形成させた。窒化物半導体は基板上に多層膜として成膜させた。まず、5 1 0 ℃において原料ガスとしてN H₃（アンモニア）ガス、TMG（トリメチルガリウム）ガス及びキャリアガスである水素ガスを流すことにより厚さ約2 0 0 オングストロームのバッファー層を形成させた。

【0053】次に、TMGガスの流入を止めた後、反応装置の温度を1 0 5 0 ℃に挙げ再びN H₃（アンモニア）ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてSi H₄（シラン）ガス、キャリアガスとして水素ガスを流すことによりn型コンタクト層として働く厚さ約4 μm のGaN層を形成させた。

【0054】活性層は、一旦、キャリアガスのみとさせ反応装置の温度を8 0 0 ℃に保持し後、原料ガスとしてN H₃（アンモニア）ガス、TMGガス、TMI（トリメチルインジウム）及びキャリアガスとして水素ガスを流すことにより厚さ約3 nmのアンドープInGaN層を堆積させた。

【0055】活性層上にクラッド層を形成させるため原料ガスの流入を停止し反応装置の温度を1 0 5 0 ℃に保持した後、原料ガスとしてN H₃（アンモニア）ガス、TMA（トリメチルアルミニウム）ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてC p₂Mg（シクロペンタジエルマグシウム）ガス及びキャリアガスとして、水素ガスを流し p型クラッド層として厚さ約0. 1 μm のGaN層を形成させた。

【0056】最後に、反応装置の温度を1 0 5 0 ℃に維持し原料ガスとしてN H₃（アンモニア）ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてC p₂Mgガス及びキャリアガスとして水素ガスを流し p型コンタクト層として厚さ約0. 5 μm のGaN層を形成させた（図3（A））。（なお、p型窒化物半導体層は4 0 0 ℃以上でアニール処理してある。）

形成させた半導体ウエハー3 0 0 を窒化物半導体が形成された表面3 2 1 を上にして水平方向に自由移動可能なステージ上に真空チャックを用いて固定させた。ダイサー（不示図）によりブレード回転数3 0, 0 0 0 r p m、切断速度3 mm/s e cで窒化物半導体積層面側3 2 1 から基板3 0 1 まで半導体ウエハー3 0 0 の主面に

縦横の溝部303を形成させる。ダイサーにより形成された溝部303は、幅 $25\mu\text{m}$ であり溝部303の底面と窒化物半導体が形成されていないサファイア基板露出面側311との間隔が、 $50\mu\text{m}$ でほぼ均一になるようにならべて形成させる(図3(B))。

【0055】次に、ダイサーの刃先など駆動部のみレーザー(356nm)が照射可能なYAGレーザー照射装置と入れ替えた(不示図)。窒化物半導体ウエハー300の固定は維持したままレーザーの光学系を調節して形成された溝部303底面に焦点が合うようにさせる。調節したレーザー光線を $16\text{J}/\text{cm}^2$ で照射させながらステージを移動させることにより溝部303に沿って深さ約 $3\mu\text{m}$ の凹部304をブレイク・ラインとして形成する(図3(C))。

【0056】ブレイク・ラインに沿って、ローラー(不示図)により荷重を作用させ、窒化物半導体ウエハー300を切断分離することができる。分離された窒化物半導体素子310の端面はいずれもチッピングやクラックのほとんどない窒化物半導体素子を形成することができる(図3(D))。こうして形成された窒化物半導体の切断端面にはクラックやチッピングが生じているものはほとんどなかった。

【0057】(実施例4)実施例1と同様にして形成させた半導体ウエハー400のサファイア基板401をさらに $80\mu\text{m}$ まで研磨して鏡面仕上げされている。この半導体ウエハー400を窒化物半導体積層側421を上にして実施例3と同様のステージ(不示図)に固定配置させた(図4(A))。

【0058】実施例4においては予めエッチングされたエッチング面430に沿ってダイサーにより窒化物半導体積層側421から幅 $25\mu\text{m}$ 、深さ約 $10\mu\text{m}$ の溝部403を形成させる(図4(B))。

【0059】次に、ダイサーの刃先など駆動部のみレーザー(356nm)が照射可能なYAGレーザー照射装置と入れ替えた(不示図)。窒化物半導体ウエハー400の固定は維持したままレーザーの光学系を調節して形成された溝部403底面に焦点が合うようにさせる。調節したレーザー光線を $16\text{J}/\text{cm}^2$ で照射させながらステージを移動させることにより溝部403に沿って深さ約 $3\mu\text{m}$ の凹部404をブレイク・ラインとして形成する(図4(C))。

【0060】ブレイク・ラインに沿って、ローラー(不示図)により荷重を作用させ、窒化物半導体ウエハー400を切断分離することができる。分離された端面はいずれもチッピングやクラックのほとんどない窒化物半導体素子410を形成することができる(図4(D))。

【0061】分離された窒化物半導体素子であるLEDチップ410に通電させたところ何れも発光可能であり、その端面を調べたところチッピングやクラックが生じているものはほとんどなかった。歩留りは98%以上

であった。

【0062】(実施例5)実施例1のYAGレーザーの照射の代わりにエキシマ・レーザーを用いた以外は実施例1と同様にして半導体ウエハーを分離してLEDチップを形成させた。実施例1と同様、形成されたLEDチップの分離端面はいずれも発光可能でありチッピングやクラックのない綺麗な面を有している。

【0063】(比較例1)レーザー加工の代わりに溝部に沿ってダイヤモンドスクライバーにより繰り返し3回スクライプした以外は実施例1と同様にして半導体ウエハーを分離させた。比較例1の分離された窒化物半導体素子は部分的にクラックやチッピングが生じていた。また、図7の如き歪んだスクライプ・ラインが形成され約75%の歩留りであった。

【0064】

【発明の効果】本発明は半導体ウエハーの基板に達する溝部を形成し、その溝部にレーザー照射によるブレイク・ラインを形成する。これにより刃先消耗等による加工精度の劣化を引き起こすことなく、より幅が狭くかつ深い溝部に、加工バラツキのない高精度のブレイク・ライン形成を可能にし、容易にかつ正確にブレイク・ラインに沿って窒化物半導体素子を分割することが可能となる。そのため、形状の揃った製品供給、及び製品歩留りの向上が可能となる。

【0065】また、レーザー照射により半導体ウエハーに対して非接触でブレイク・ラインを形成することにより、従来のようなスクライプ・カッターの劣化、交換により発生していた加工コストの低減が可能となる。

【0066】さらに、半導体層面側から基板に達する溝部を、あらかじめ窒化物半導体が除去された半導体ウエハーに形成することで、溝部形成による半導体への損傷がなく信頼性の高い素子を製造することが可能となる。

【0067】窒化物半導体積層側の凹部をレーザー照射により形成することで、より幅の狭い溝部を形成することができます。このため半導体ウエハーからの窒化物半導体素子の採り数を向上させることができる。

【0068】

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の実施例1における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【0069】

【図2】図2は本発明の実施例2における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【0070】

【図3】図3は本発明の実施例3における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【0071】

【図4】図4は本発明の実施例4における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【0072】

【図5】図5は本発明と比較のために示す窒化物半導体ウエハーの切断方法を示した模式的部分断面図である。

【0073】

【図6】図6は窒化物半導体ウエハーをダイヤモンドスライバーにより切断する時の模式的部分断面図である。

【0074】

【図7】図7は本発明と比較のために示す窒化物半導体ウエハーのスクライブライン形成時に生じる歪みを示した模式的部分平面図である。

【0075】

【符号の説明】

100、200、300、400、700・・・半導体ウエハー

101、201、301、401・・・基板

102、202、402・・・島状窒化物半導体

103、203、303、403・・・基板表面に形成された溝部

104、304、404・・・溝部底面に形成した凹部によるブレイク・ライン

204・・・基板内部に形成した加工変質部によるブレイク・ライン

302・・・窒化物半導体

110、210、310、410・・・窒化物半導体素子

111、311、411・・・基板露出面側

120、220、420・・・電極

121、321、421・・・窒化物半導体積層側

130、430・・・エッチング面

500、600・・・半導体ウエハー

501・・・基板

502・・・窒化物半導体層

503、603・・・サファイア基板に形成した溝部

504、604・・・溝部底面に形成したスクライブ・ライン

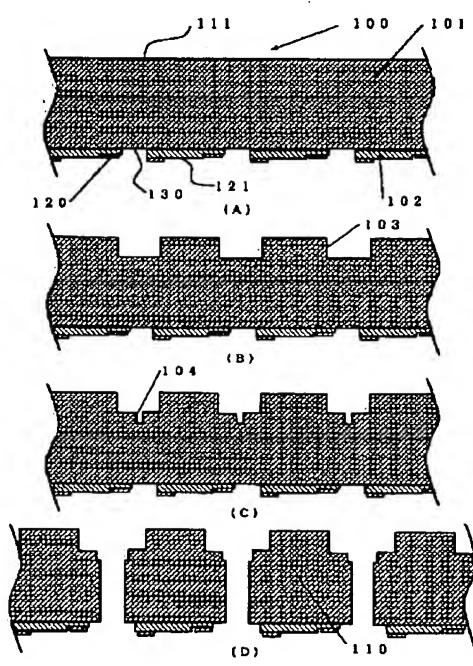
510・・・窒化物半導体素子

601・・・ダイヤモンドスライバーの刃先

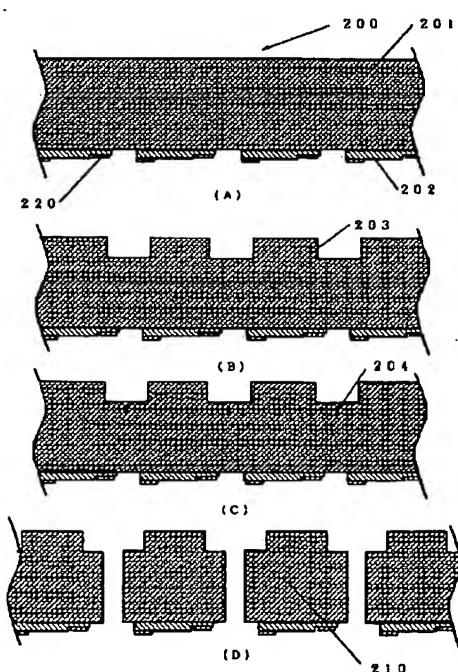
703・・・正常に形成されたスクライブ・ライン

704・・・歪んで形成されたスクライブ・ライン

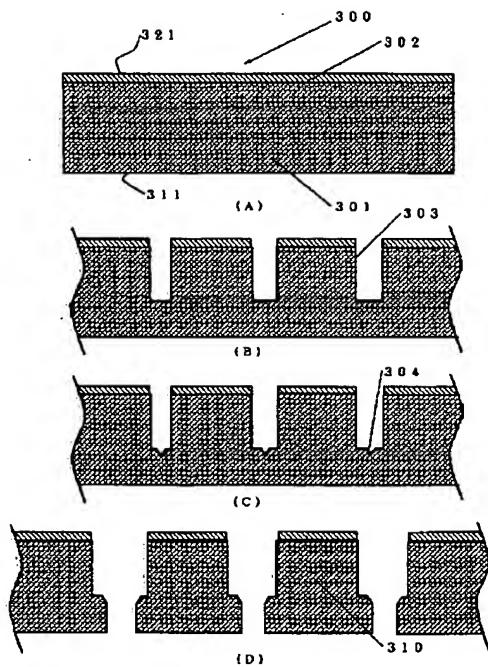
【図1】



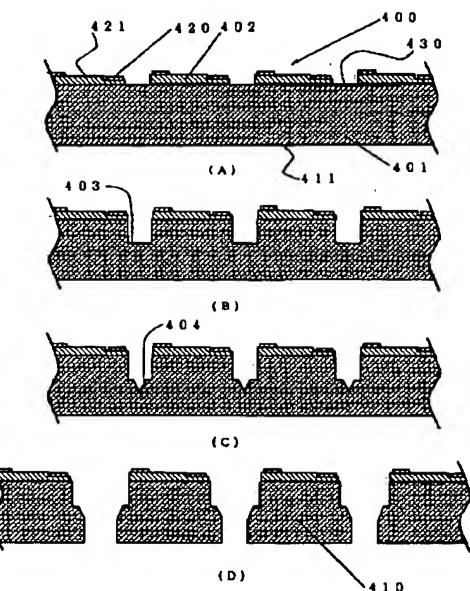
【図2】



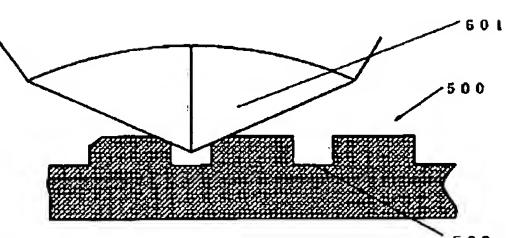
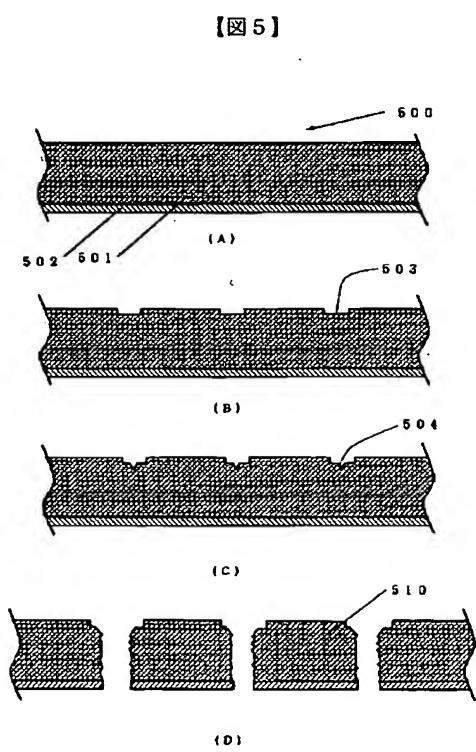
【図3】



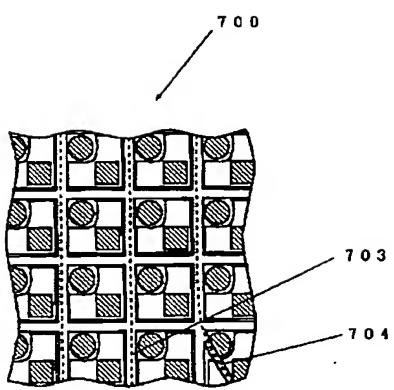
【図4】



【図6】



【図7】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.